

металлургический комбинат» (Бекабад, Узбекистан) – одним из крупнейших производителей арматуры и проката для строительных стальных конструкций в регионе, поставляющим свою продукцию на экспорт. Пользовательский интерфейс программы STAT адаптирован в соответствии с пожеланиями заказчика. Программный продукт прошел апробацию на компьютерном оборудовании предприятия, и тестировался с использованием реальных производственных данных и успешно используется на меткомбинате, в частности для определения статистических показателей механических свойств профилей № 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36 согласно стандарту [2], уголков 50x50x4, 50x50x5, 63x63x5, 75x75x6 и швеллеров П8, П10 согласно стандарту [1].

Область применения разработанного программного обеспечения может быть расширена по желанию потенциального заказчика.

Список литературы: 1. ГОСТ 27772-88 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. 2. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. 3. ОСТ 14-1-34-90 Статистический приемочный контроль качества металлопродукции по корреляционной связи между параметрами. 4. *Степнов Н.М., Шаврин А.В.* Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник. – М: Машиностроение, 2005. 5. ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия.

Надійшла до редколегії .10.2012

УДК 669.1, 519.2

Разработка программного обеспечения для определения статистических показателей механических свойств сортового и фасонного проката. / Рудюк А. С., Пыхтин Я. М., Левченко В. Н., Царева Т. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №47(953). – С. 159–166. – Бібліогр.: 5 назв.

У статті розглянуто питання створення програмного продукту, який дозволяє автоматизувати розрахунки статистичних показників механічних властивостей сортового та фасонного прокату. Розроблене програмне забезпечення може бути використане металургійними підприємствами країн СНД для оцінювання відповідності продукції, що випускається, вимогам діючих стандартів.

Ключові слова: прокат, стандарт, механічні властивості, контроль якості, статистична обробка, програмне забезпечення.

In this article the problem of software development allowing to automate the calculation of mechanical properties statistical parameters of hot-rolled steel for reinforcement of ferroconcrete structures and structure rolled products is considered. The software in CIS metallurgical enterprises for evaluation of manufacturing production conformity with the existing standard requirements is to be used.

Keywords: rolled products, standard, mechanical properties, quality control, statistical data processing, software.

УДК621.771.23

Е. А. РУДЕНКО, док. техн. наук, проф., ДонНТУ, Донецьк

А. Л. ОСТАПЕНКО, канд. техн. наук, НПО «Доникс», Донецьк

Л. А. КУРДЮКОВА, аспірант, ДонНТУ, Донецьк

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОДНОКЛЕТЬЕВОГО ТОЛСТОЛИСТОВОГО СТАНА

В работе выполнен анализ влияния технологических факторов на производительность одноклетьевого толстолистого стана. В качестве технологических факторов рассмотрены: двухстадийная прокатка, двоянная прокатка, прокатки с промежуточным охлаждением и сочетания этих факторов. Максимальный эффект – повышение производительности на 22% – обеспечивается применением всех трех технологических факторов. Повышение производительности на 12% обеспечивается как при совмещении

© Е. А. Руденко, А. Л. Остапенко, Л. А. Курдюкова, 2012

технологии двухстадийной прокатки с промежуточным охлаждением, так и при совмещении технологии двухстадийной прокатки со сдвоенной прокаткой.

Ключевые слова. Одноклетьевого толстолистого стан, двухстадийная прокатка, сдвоенная прокатка, промежуточное охлаждение, производительность.

Введение. Повышение производительности толстолистого стана является одной из основных задач прокатчиков.

Анализ последних исследований и литературы. В литературных источниках [1-3] нет количественной оценки влияния технологических факторов на производительность толстолистого стана.

Цель исследования, постановка проблемы. В работе поставлена задача оценки влияния технологических факторов на производительность на примере одноклетьевого толстолистого стана.

Материалы исследования. Анализ влияния технологических факторов на производительность одноклетьевого толстолистого стана (ТЛС) выполнен для условий ТЛС 2850, проектирование которого осуществляется в соответствии с технологическим заданием (ТЛЗ), разработанным в 2010г. специалистами НПО «ДОНИКС».

Предусмотренные ТЛЗ технологические приемы прокатки призваны обеспечить возможность производства основной части сортамента по режимам контролируемой (термомеханической) прокатки при максимальном уровне производительности.

При производстве листов с заданными свойствами по технологии контролируемой прокатки требуется соблюдение определенного температурного режима деформации, одним из основных параметров которого является относительно низкая температура начала чистовой прокатки. Технологически необходимая температура начала чистовой прокатки обеспечивается повышенной паузой между черновой и чистовой прокаткой и (или) принудительным охлаждением раската после черновой прокатки. Для того чтобы повышение паузы между черновой и чистовой прокаткой не приводило к нежелательному снижению производительности использован режим «двухстадийной прокатки» (рис. 1).

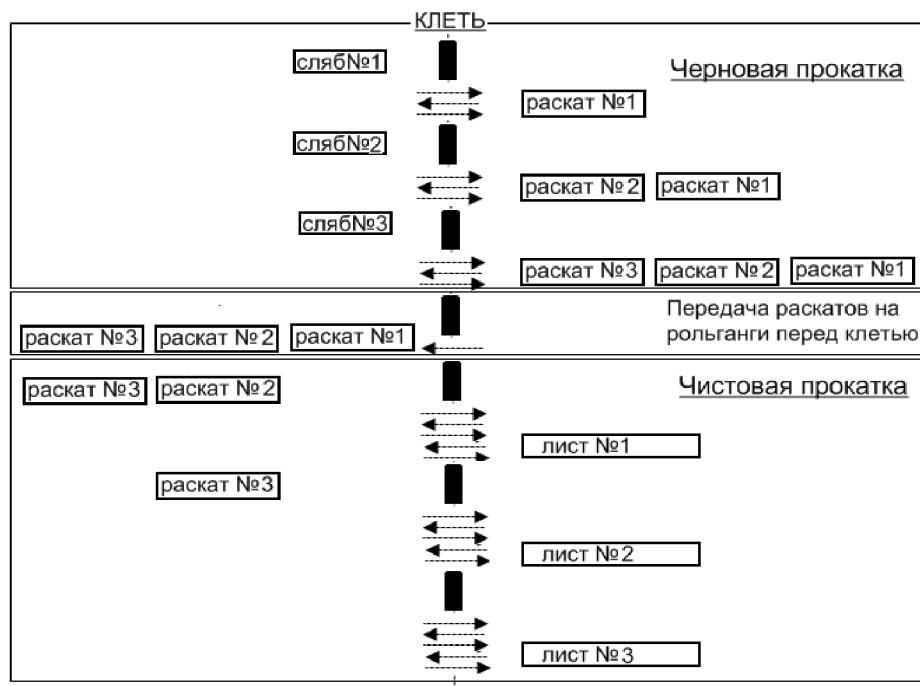


Рис.1 – Схема работы стана по двухстадийному режиму

На первой стадии выполняется черновая прокатка всей партии слэбов, а подкаты для чистовой прокатки размещают на рольганге за клетью. После завершения черновой

прокатки выдерживается время, необходимое для снижения температуры первого раската в партии до требуемой температуры начала чистой прокатки. В процессе выдержки все слябы партии передаются на рольганги перед клетью. На этапе накопления раскатов на рольгангах за клетью и этапе их выдержки на рольгангах перед клетью эти рольганги выполняют функцию байпаса.

На второй стадии, которая начинается с момента снижения температуры первого сляба до заданной, последовательно, начиная с первого подката, выполняется чистовая прокатка подкатов всей партии.

Для размещения раскатов используют специальную систему механизмов (байпас), позволяющих временно размещать раскаты после первой стадии прокатки вне потока стана или в потоке стана на раскатных рольгангах. Пример реализации второго варианта показан на рис.2.

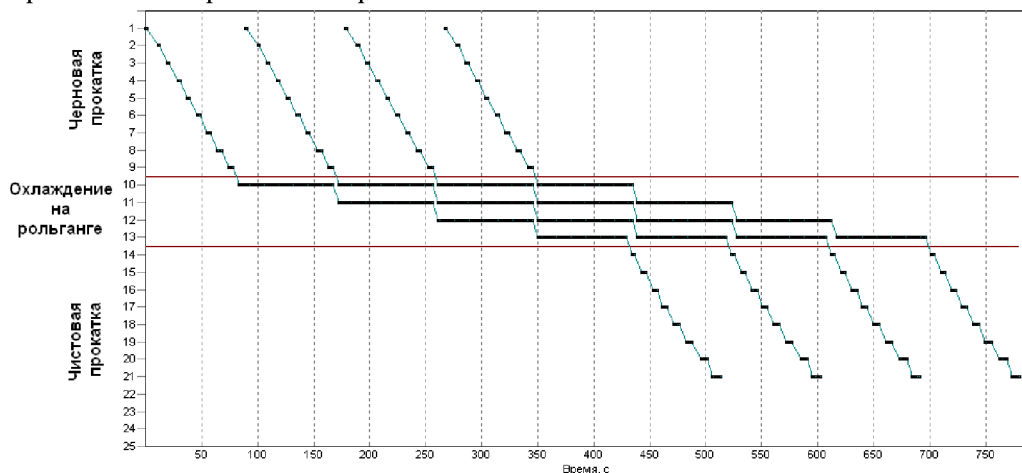
Число слябов (раскатов) в партии рассчитывается в автоматическом режиме в функции требуемой температуры начала чистой прокатки, протяженности раскатных рольгангов (байпаса), длины раската после черновой прокатки.



Рис. 2 – Контролируемая прокатка с выдержкой раскатов на рольганге (по материалам технической конференции г. Краков, март 2005г.)

Двухстадийность процесса иллюстрирует циклограмма прокатки листа 12x2350x3000мм, приведенная на рис. 3.

В рассматриваемом примере число слябов (раскатов) в партии равно четырем. Последовательно каждый из четырех слябов прокатывают до заданной толщины подката для чистой прокатки и передают на рольганг за клетью.



Полос – 4. Масса партии слябов – 28,8т. Температура чистой прокатки начало – 835⁰С, конец – 814⁰С. Цикл прокатки – 89,0 с. Время на байпасе 356,0 с.

Рис. 3 – Циклограмма прокатки листа 12x2350x3000мм

После завершения черновой прокатки слябов всей партии (после окончания первой стадии прокатки) слябы всей партии одновременно перемещают на рольганги перед клетью и начинают чистовую прокатку с первого сляба партии. Число полос в партии и циклы черновой и чистовой прокатки рассчитаны таким образом, чтобы за время черновой прокатки раскатов всей партии и время их передачи на рольганг перед клетью температура первого раската понизилась до заданной температуры начала чистовой прокатки в этой же клетке (в нашем примере – до 835⁰С).

Для снижения времени межстадийного воздушного охлаждения раскатов предусмотрена возможность ускоренного принудительного охлаждения (УПО) раската после окончания черновой прокатки, что способствует:

- уменьшению числа раскатов, одновременно находящихся в линии стана;
- повышению производительности за счет снижения времени охлаждения раскатов перед чистовой прокаткой;
- повышению качества готовых листов за счет:
 - стабилизации и уменьшения размеров аустенитного зерна [1];
 - снижения окалинообразования, что способствует повышению равномерности принудительного охлаждения по площади листа после чистовой прокатки.

Другой особенностью технологии является возможность применения *сдвоенной прокатки*, суть которой заключается в следующем.

После выдачи из печи слябы парами передают к клетке, где, при необходимости, поочередно кантуют, а затем прокатывают при заданных, но равных для обоих слябов, растворах валков. Сдвоенная прокатка в два раза уменьшает число реверсов и как следствие:

- повышает производительность стана;
- снижает динамические нагрузки на оборудование.

Кантовка раскатов при разбивке ширины в условиях сдвоенной прокатки выполняется последовательно.

Состав, расположение и технические возможности оборудования позволяют реализовать изложенные технологические приемы, а сравнительная оценка их эффективности по критерию «производительность» выполнена по результатам их моделирования с использованием программ, описанных в работах [2] и [3].

Моделирование выполнено для части сортамента одноклетьевого ТЛС 2850, производство которого требует применение технологии высокотемпературной контролируемой прокатки.

Технология производства ВКП включает:

- основную схему прокатки, которая представляется как продольная с протяжкой и разбивкой ширины (при этом отношение суммарного обжатия при продольной прокатке к суммарному обжатию при разбивке ширины предпочтительно иметь $\leq (3-5)$, а отношение вытяжки при протяжке к вытяжке при разбивке ширины желательно поддерживать на уровне $1 \pm 0,1$. Последнее становится не актуальным при возможности выполнять черновую прокатку с переменным обжатием по широкой грани;
- разовые обжатия в первых проходах черновой прокатки предпочтительно на уровне не менее 10%;
- окончание черновой прокатки при температурах выше точки полной рекристаллизации аустенита (для низколегированных сталей нижнюю границу температуры полной рекристаллизации аустенита можно принять на уровне (960-980)⁰С);
- начало чистовой прокатки при температуре ниже точки полного торможения рекристаллизации; для низколегированных сталей в качестве нижней границы температуры полного торможения рекристаллизации аустенита можно принять температуру порядка (880-900)⁰С;

- чистовую прокатку с суммарной вытяжкой (2,5-4,0); при прокатке толстых полос допустимо снижение суммарной вытяжки до двух;
- разовые обжатия в последних проходах предпочтительно $\geq 15\%$, допускается снижение до 8%;
- окончание чистовой прокатки при температурах, близких к нижней границе γ – области, для низколегированных сталей $\approx (800-820)^\circ\text{C}$.

Размерный и марочный расчетный сортамент соответствует типовому сортаменту одноклетьевого толстолистового стана и в табл.1. Расчетная марка стали – низколегированная сталь по ГОСТу 19281 с объемом производства 500 000т в год.

Таблица 1. Расчетный размерный сортамент

Диапазон толщин заданный, мм	5–11	12–14	15–22	23–30	31–50	51–70
Толщина расчетная, мм	7	12	17	25	40	60
Заданный диапазон ширин, мм	1500 – 2500					
Ширина расчетная, мм	1500		2000		2350	

Моделирование процесса прокатки листов всех позиций расчетного сортамента выполнено с использованием различных технологических приемов:

- в линии стана одновременно обрабатываются несколько раскатов по технологии «двухстадийной прокатки» с повышенной паузой между стадиями прокатки для их охлаждения на воздухе (ДП);
- в линии стана одновременно обрабатываются несколько раскатов по технологии «двухстадийной прокатки» с принудительным охлаждением за проход и паузой между стадиями для их охлаждения на воздухе (ДП+ПО);
- в линии стана одновременно обрабатываются несколько сдвоенных раскатов по технологии «двухстадийной прокатки» с повышенной паузой между стадиями прокатки для их охлаждения на воздухе (ДП+СД);
- в линии стана одновременно обрабатываются несколько сдвоенных раскатов по технологии «двухстадийной прокатки» с принудительным охлаждением за проход и паузой между стадиями прокатки для их охлаждения на воздухе (ДП+СД+ПО).

Такие приемы как одиночная прокатка и сдвоенная прокатка в виду различия производительности в разы (до 3-4 раз) по сравнению с применением названных выше технологических факторов в данном случае не рассматривались.

Моделирование выполнено при условии примерного равенства температурных и силовых условий прокатки для всех вариантов технологических режимов, а оценка относительного изменения производительности выполнена по величине изменения фонда рабочего времени, необходимого для производства каждой позиции расчетного сортамента.

Результаты исследований. Результаты моделирования приведены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние технологических факторов на производительность

Технологические приемы	Расчетный фонд времени, ч	Изменение фонда времени, ч	Повышение производительности, %	Объем производства, на котором присутствует эффект, т
ДП+ПО	1547	-206	12	210 000
ДП	1753			(21%)
ДП+СД	1419	-190	12	190 000
ДП	1609			(19%)
ДП+СД+ПО	1255	-354	22	190 000
ДП	1609			(19%)

Как видно из табл. 2. для низколегированной стали прокатанной по технологии двухстадийной прокатки, можно 21% от общего объема производства прокатать с повышением производительности на 12% по технологии двухстадийной прокатки с промежуточным охлаждением. Аналогичное повышение производительности наблюдается на 19% от общего объема производства при переходе от двухстадийной прокатке к двухстадийной сдвоенной прокатке. Максимальный рост производительности составил при прокатке по технологии двухстадийной сдвоенной прокатки с промежуточным охлаждением раскатов. Повышение производительности составило 22% на сортаменте с объемной долей производства 19%.

Следует заметить, что использование технологии двухстадийной и сдвоенной прокатки зачастую не требует дополнительного оборудования. А для использования технологии прокатки с промежуточным охлаждением необходимо оборудовать линию стана установкой промежуточного охлаждения.

Вывод. Был выполнен анализ влияния технологических приемов на производительность одноклетьевого толстолистового стана. При анализе рассмотрели часть типового сортамента одноклетьевого толстолистового стана. Оценка выполнена для «двухстадийной прокатки», сдвоенной прокатки, прокатке с промежуточным охлаждением и при сочетании этих факторов. Максимальный эффект – повышение производительности на 22% на 19% от общего объема производства – обеспечивается при применении всех трех технологических факторов. Повышение производительности на 12% обеспечивается как при совмещении технологии двухстадийной прокатки с промежуточным охлаждением, так и при совмещении технологии двухстадийной прокатки со сдвоенной прокаткой на 21% и 19% от общего объема производства соответственно.

Список литературы: 1. Совершенствование температурного режима контролируемой прокатки штриповых сталей с целью стабилизации их микроструктуры и механических свойств/ Э.Н. Шебанич, В.В. Климанчук, В.М. Хлестов, А.В. Мурашкин, А.С. Рубец// *Металл и литье Украины*. 2007. №1-2. С.50-54. 2. Комплексное обеспечение ресурсосберегающего производства горячекатаных полос// А.Л. Остапенко, Э.К. Бейгельзимер/ *Производство проката*. 1999. №1. С.49-53. 3. Проектирование технологии горячей прокатки листов и полос/ А.Л. Остапенко, Э.Е. Бейгельзимер, Н.В. Миненко// *Металл и литье Украины*. – 2006. – №7-8. – С.56-60.

Надійшла до редколегії 25.10.2012.

УДК 621.771.23

Анализ влияния технологических факторов на производительность одноклетьевого толстолистового стана/ Руденко Е.А., Остапенко А.Л., Курдюкова Л.А.// *Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях.* – Харків:НТУ «ХПИ». – 2012. – №47(953). – С. 166-171. – Бібліогр.: 3 назви.

В роботі виконаний аналіз впливу технологічних факторів на продуктивність одно клітьового товстолистового стану. В якості технологічних факторів прийняті: двухстадійна прокатка, здвоєна прокатка, прокатка з проміжним охолодженням та комбінації цих факторів. Максимальний ефект – збільшення продуктивності на 22% – забезпечується використанням усіх трьох технологічних факторів. Збільшення продуктивності на 12% також забезпечується як при сумісному використанні технології двухстадийной прокатки з проміжним охолодженням, так і при сумісному використанні технології двухстадийной прокатки зі здвоєною прокаткою.

Ключові слова. Одноклітьовий товстолистовий стан, двухстадійна прокатка, здвоєна прокатка, проміжне охолодження, продуктивність.

There are executed the analisis of of the influence of technological factors on the performance one stand plate mill. As technological factors considered: two-stage rolling, dual rolling, rolling with intermediate cooling and a combination of these factors. Maximum effect – increasing productivity by 22% – is achieved by using all the above technical factors. The increase productivity by 12% is provided as combination two-stage technology with a of rolling with intermediate cooling, and when combining technology two-stage rolling with a dual rolling.

Keywords: one stand plate mill, two-stage rolling, dual rolling, rolling with intermediate cooling, performance.